



**Eur päisches
Patentamt**

**Eur p an
Patent Office**

**Office eur péen
des brevets**

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02425734.7

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Anmeldung Nr:
Application no.: 02425734.7
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 28.11.02
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

STMicroelectronics S.r.l.
Via C. Olivetti, 2
20041 Agrate Brianza (Milano)
ITALIE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Circuit device for realising a non-linear reactive elements scale network

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)

Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

H03H/

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Titolo: Dispositivo circuitale per realizzare una rete a scala di elementi reattivi non lineari.

DESCRIZIONE

Campo di applicazione

5 La presente invenzione riguarda un dispositivo circuitale per realizzare una rete a scala di elementi reattivi non lineari.

Più in particolare, l'invenzione riguarda un dispositivo circuitale per realizzare una rete a scala di elementi reattivi non lineari, del tipo in cui gli elementi non lineari della rete sono coppie di componenti induttivi e
10 capacitivi connesse in cascata tra una coppia di terminali d'ingresso ed una coppia di terminali d'uscita.

L'invenzione trova efficace campo di applicazione in dispositivi "read-channel" per hard-disk driver (HDD) così come, più in generale, nei sistemi di comunicazione digitali, essendo parte di una architettura
15 sostitutiva dei sistemi cosiddetti "a risposta parziale-massima verosimiglianza (PRML)"; ciò in quanto si ritiene che un "canale non-lineare", basato sulla rete a scala in esame, possa garantire una decodifica dell'informazione più robusta al rumore rispetto ad uno standard (PRML, peak detection, etc.)

20 Arte nota

Com'è ben noto in questo specifico settore tecnico, in applicazioni che riguardano canali di decodifica non-lineare per trasmissione numerica si avrebbe la necessità di realizzare dispositivi elettronici capaci di implementare una rete a scala comprendente elementi non lineari di
25 tipo LC. Infatti, studi effettuati presso la Richiedente suggeriscono che un canale non-lineare dovrebbe garantire un vantaggio di prestazioni rispetto ad un canale di trasmissione standard.

A titolo di esempio, nella qui allegata figura 1 è mostrata schematicamente la struttura di una rete a scala composta da n
30 elementi non lineari di tipo LC connessi in cascata tra loro.

La rete di figura 1 è sostanzialmente un quadripolo avente una coppia di terminali d'ingresso sui quali è applicato un potenziale di tensione V_0 ed una coppia di terminali di uscita ai quali è collegato un carico resistivo R_t .

- 5 Tutte le coppie di elementi non lineari LC, vale a dire $L_1, C_1; \dots L_i, C_i, \dots L_n, C_n$ sono di valore uguale tra loro. In altri termini tutti i componenti L sono uguali tra loro e tutti i componenti C sono uguali tra loro.

- 10 In particolare, le relazioni di tipo non lineare che si vorrebbe realizzate mediante la rete di figura 1 sono le seguenti:

Relazione (1)

$$C = \frac{C_0}{1 + \left(\frac{V_c}{V_0} \right)^2} \quad (1)$$

dove C_0 e V_0 sono delle costanti; e

Relazione (2)

15

$$L = \frac{L_0}{1 + \left(\frac{I_L}{I_0} \right)^2} \quad (2)$$

dove L_0 e I_0 sono delle costanti.

Nella figura 2 è mostrata una vista schematica di una possibile

realizzazione circuitale basata su un derivatore.

5 Una cella differenziale a transistori bipolari BJT riceve su un primo ramo circuitale una corrente di polarizzazione I_1 ed è collegata verso massa tramite un generatore di corrente I . Tra i terminali di emettitore della coppia di transistori vi è un potenziale pari a V_c .

Uno stadio di uscita a transistore, alimentato da una corrente I_c , è collegato al suddetto primo ramo circuitale e presente un terminale di uscita collegato verso massa dal parallelo di una capacità e di un generatore di corrente.

10 Questa realizzazione è basata sulla seguente approssimazione:

Relazione (3)

$$\left[1 + \left(\frac{V_c}{V_0} \right)^2 \right]^{-1} \cong \operatorname{hyp\,sec} h^2 \left(\frac{V_c}{V_0} \right) \quad (3)$$

15 La caratteristica tensione-corrente esponenziale della coppia di transistori BJT della cella differenziale permette di sintetizzare le relazioni non lineari volute laddove si operi effettivamente la sostituzione indicata nella relazione (3).

Questa ipotetica forma di realizzazione basata su derivatore avrebbe tuttavia prestazioni dinamiche del tutto insoddisfacenti per le necessità del suddetto campo di applicazione.

20 Se prendiamo in considerazione la sola capacità non lineare, una possibile realizzazione della rete di figura 1 potrebbe essere conseguita mediante l'uso di un integratore, anziché di un derivatore. Ciò consentirebbe di sfruttare le migliori caratteristiche dinamiche dell'integratore rispetto al derivatore.

Una realizzazione basata su un integratore dovrebbe implementare le seguenti operazioni:

Relazione (4)

$$I_c = \frac{C_0}{1 + \left(\frac{V_c}{V_0}\right)^2} \frac{\partial V_c}{\partial t} \Rightarrow \frac{1}{C_0} \int I_c \left[1 + \left(\frac{V_c}{V_0}\right)^2 \right] dt = V_c \quad (4)$$

5 dalla quale si deduce che sarebbe necessario l'impiego di due moltiplicatori.

10 Un dispositivo circuitale realizzato in accordo con la relazione (3) risulterebbe assai complesso. Inoltre, la cosa sarebbe aggravata dal fatto che la rete a scala di figura 1 comprende n coppie LC e, se il numero n è maggiore di 10, come richiesto nella maggior parte delle applicazioni, la complessità della realizzazione circuitale ne limiterebbe le prestazioni alle alte frequenza.

15 Il problema tecnico che sta alla base della presente invenzione è quello di escogitare un dispositivo circuitale per realizzare una rete di elementi reattivi non lineari, il quale dispositivo possieda caratteristiche strutturali e funzionali tali da consentire un'implementazione della rete minimizzando la complessità e l'area occupata dal circuito e senza utilizzare induttori integrati.

Sommario dell'invenzione

20 L'idea di soluzione che sta alla base della presente invenzione è quella di implementare la rete a scala mediante integratori a trasconduttanza, ma simulando gli induttori non lineari

Sulla base della suddetta idea di soluzione, il problema tecnico è risolto da un dispositivo del tipo precedentemente indicato e definito dalla

parte caratterizzante della rivendicazione 1 qui allegata.

Le caratteristiche ed i vantaggi del dispositivo secondo l'invenzione risulteranno dalla descrizione, fatta qui di seguito, di un suo esempio di realizzazione dato a titolo indicativo e non limitativo con riferimento ai
5 disegni allegati.

Breve descrizione dei disegni

- la figura 1 mostra una vista schematica di una rete a scala comprendente n elementi non lineari di tipo LC;
- 10 - la figura 2 mostra una vista schematica di una realizzazione circuitale di tipo noto basata su un derivatore per implementare la rete a scala di figura 1;
- la figura 3 mostra una vista schematica di un dispositivo circuitale realizzato secondo la presente invenzione;
- 15 - la figura 4 mostra una vista schematica del dettaglio circuitale del dispositivo di figura 3.
- la figura 5 mostra una vista schematica di una porzione di rete a scala realizzata in accordo con la presente invenzione mediante plurimi dispositivi di figura 3;

Descrizione dettagliata

20 Con riferimento a tali figure, ed in particolare agli esempi delle figure 3 e 4, con 1 è globalmente e schematicamente indicato un dispositivo circuitale realizzato in accordo con la presente invenzione per implementare una rete 5 di elementi reattivi LC non lineari, ad esempio una rete come quella mostrata schematicamente in figura 1.

25 Il dispositivo 1 comprende una copia di terminali d'ingresso A, B sui quali sono applicati rispettive tensioni d'ingresso differenziali, V_{in+} e V_{in-} .

Il dispositivo 1 comprende inoltre una coppia di terminali di uscita O1,

O2 sui quali sono prodotte rispettive tensioni di uscita differenziali, V_{out+} e V_{out-} .

I terminali d'ingresso A, B fanno parte di un primo integratore 2 a transconduttanza G_{m1} .

- 5 La coppia di uscite differenziali $U1$, $U2$ di questo primo integratore G_{m1} sono collegate ciascuna ad un corrispondente ingresso $A2$, $B2$ differenziale di un secondo integratore 3 a transconduttanza G_{m2} .

- 10 In una forma preferita di realizzazione il valore di transconduttanza G_{m1} del primo integratore 2 coincide con il valore di transconduttanza G_{m2} del secondo integratore 3.

Le suddette uscite $U1$, $U2$ sono inoltre accoppiate verso massa tramite rispettivi diodi $Q5$ e $Q6$.

Il secondo integratore 3 presenta a sua volta uscite differenziali che coincidono con le uscite $O1$ ed $O2$ del dispositivo 1.

- 15 Tali uscite $O1$ e $O2$ sono accoppiate ad un blocco 4 di retroazione CMFB (Common Mode Feedback) destinato a fornire un segnale di riferimento $CMFB_{ref}$ alla porzione circuitale di polarizzazione del secondo integratore 3.

- 20 Le uscite $O1$, $O2$ del dispositivo 1 sono inoltre accoppiate verso massa tramite rispettive capacità C_o di stabilizzazione.

In sostanza, la tensione differenziale d'ingresso V_{in+} , V_{in-} corrisponde alla corrente I_c della Relazione (4); mentre la tensione differenziale d'uscita V_{out+} , V_{out-} corrisponde alla tensione V_c della stessa Relazione (4).

- 25 La coppia di integratori 2 e 3 simula sostanzialmente il comportamento in frequenza di una capacità C della rete a scala di figura 1.

Anche l'induttore non lineare L può essere implementato con un'identica realizzazione a coppia di integratori.

In questo caso la tensione differenziale d'ingresso V_{in+} , V_{in-} corrisponde alla tensione V_I dell'induttore; mentre la tensione differenziale d'uscita V_{out+} , V_{out-} corrisponde alla corrente I_I .

5 Di conseguenza, il dispositivo 1 secondo l'invenzione risulta privo di induttori integrati e ciò consente di minimizzare la complessità circuitale e l'area complessiva occupata dal dispositivo.

Nella figura 4 è mostrata schematicamente in maggiore dettaglio circuitale la struttura del dispositivo 1.

10 Come si può apprezzare, sia il primo 2, sia il secondo integratore 3 sono realizzati in tecnologia mista Bipolare-MOS mediante celle differenziali a transistori bipolari polarizzate da porzioni circuitali MOS.

Il primo integratore 2 comprende una cella differenziale a doppia coppia di transistori Q_1 , Q_2 e Q_3 , Q_4 associata agli ingressi differenziali A, B.

15 Una porzione circuitale di polarizzazione, comprendente i transistori MOS M_1, \dots, M_6 , è preposta all'accoppiamento tra la cella differenziale e i riferimenti di tensione di alimentazione V_{dd} e tensione e corrente di polarizzazione I_1 , V_1 .

I transistori Q_5 , Q_6 e Q_7 , in configurazione diodo, accoppiano le uscite U_1 , U_2 del primo integratore 2 verso massa.

20 Le uscite U_1 , U_2 dell'integratore 2 sono connesse ai rispettivi ingressi A_2 , B_2 del secondo integratore 3, il quale presenta a sua volta una struttura a cella differenziale di transistori bipolari con doppia coppia di transistori d'ingresso Q_8 , Q_9 e Q_{10} , Q_{11} .

25 Una porzione circuitale di polarizzazione a transistori MOS M_7 , M_8 , M_9 e M_{10} accoppia la cella differenziale dell'integratore 3

Un blocco 4 di feedback collega le uscite O_1 , O_2 del secondo integratore 3 con la porzione circuitale di polarizzazione per fornire un riferimento di tensione $CMFB_{ref}$ alla coppia di transistori M_7 , M_9 .

Tra le uscite O_1 , O_2 è inserita una capacità avente valore $C_o/2$.

Come detto, il dispositivo 1 consente di emulare il comportamento di uno dei componenti non lineari della rete a scala di figura 1, sia il componente capacitivo C, sia il componente induttivo L.

5 In questo modo è possibile ricostruire la struttura della rete a scala mediante una pluralità di dispositivi 1 interconnessi in modo opportuno.

Nella figura 5 è mostrata a titolo di esempio una porzione di rete a scala realizzata connettendo tra loro alcuni dispositivi 1 come quello descritto in precedenza.

10 In figura 5 si può apprezzare come un primo dispositivo 1, che emula un primo induttore L1, sia connesso al generatore di tensione V_0 sul primo ingresso differenziale A.

15 L'uscita O1 è connessa a massa, mentre l'uscita O2 è connessa all'ingresso differenziale A di un secondo dispositivo 1 che emula il condensatore C1.

L'uscita O2 del secondo dispositivo che emula C1 è collegata all'ingresso differenziale B del primo dispositivo che emula L1.

20 L'uscita O1 del secondo dispositivo che emula C1 è collegata all'ingresso differenziale A di un terzo dispositivo 1 che emula un secondo induttore L2 della rete a scala.

L'uscita O1 di questo terzo dispositivo che emula L2 è collegata all'ingresso differenziale B del secondo dispositivo che emula C1, e così via.

25 In questo modo è possibile implementare una rete a scala non lineare con almeno venti elementi LC, senza utilizzare induttori integrati.

La rete ottenuta con la cascata di dispositivi 1 secondo l'invenzione ha dimostrato di possedere ottime caratteristiche di risposta in frequenza

Inoltre, l'area circuitale complessiva occupata dalla cascata di dispositivi 1 è risultata inferiore a quella delle realizzazioni di tipo noto.

Infine, la rete a scala non lineare secondo l'invenzione consente di collegare in cascata molti più elementi di quelli collegabili nelle soluzioni note.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo circuitale (1) per realizzare una rete a scala di elementi reattivi non lineari, del tipo in cui gli elementi non lineari della rete sono coppie di componenti induttivi (L) e capacitivi (C) connesse in cascata tra una coppia di terminali d'ingresso ed una coppia di terminali d'uscita, caratterizzato dal fatto che ciascun componente (L, C) della rete è realizzato mediante un primo (2) ed un secondo integratore (3) a transconduttanza (G_{m1} , G_{m2}) collegati in cascata tra loro.
5
2. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che ciascun integratore comprende una porzione circuitale d'ingresso a transistori bipolari ed una porzione circuitale di polarizzazione a transistori MOS e che le uscita del secondo integratore (3) sono connesse in retroazione alla porzione circuitale di polarizzazione del medesimo integratore mediante un blocco di retroazione (4).
10
15
3. Dispositivo secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che detto blocco di retroazione (4) fornisce un riferimento di tensione ($CMFB_{ref}$) a detta porzione circuitale di polarizzazione.
4. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che le uscite ($U1$, $U2$) del primo integratore (2) connesse agli ingressi ($A2$, $B2$) del secondo integratore (3) sono inoltre accoppiate verso massa tramite rispettivi diodi ($Q5$, $Q6$).
20
5. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto di comprendere uscite ($O1$, $O2$) differenziali rispettivamente accoppiate verso massa tramite una capacità (C_o) di stabilizzazione.
25
6. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto il primo (2) ed il secondo integratore (3) hanno la medesima transconduttanza (G_{m1} , G_{m2}).
30

7. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che ciascuna coppia di integratori (2, 3) implementa la seguente relazione, per emulare un condensatore (C), o una relazione analoga ad indici L per emulare un induttore (L):

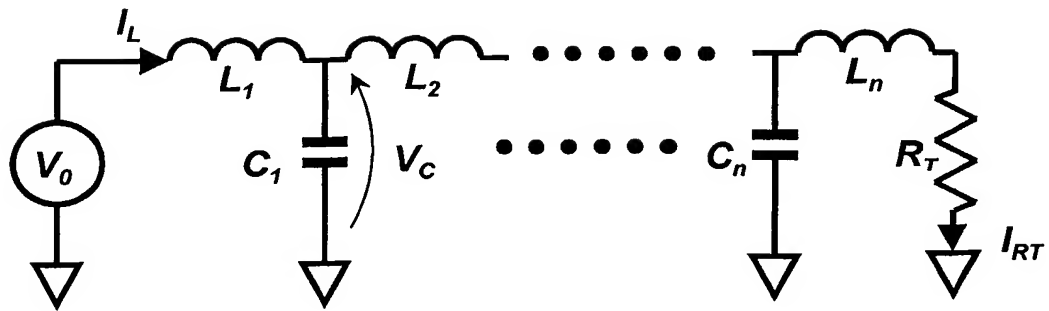
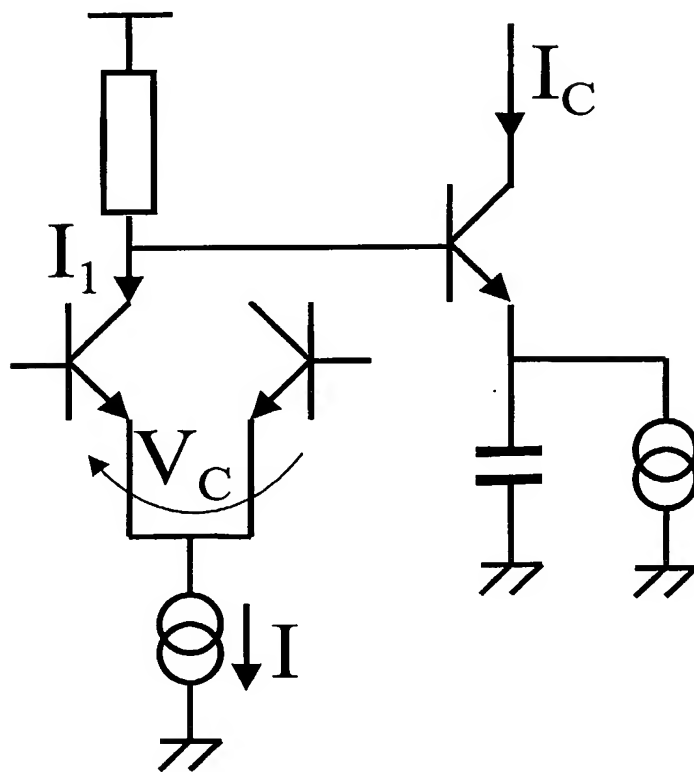
5
$$I_c = \frac{C_0}{1 + \left(\frac{V_c}{V_0}\right)^2} \frac{\partial V_c}{\partial t} \Rightarrow \frac{1}{C_0} \int I_c \left[1 + \left(\frac{V_c}{V_0}\right)^2 \right] dt = V_c \quad (4)$$

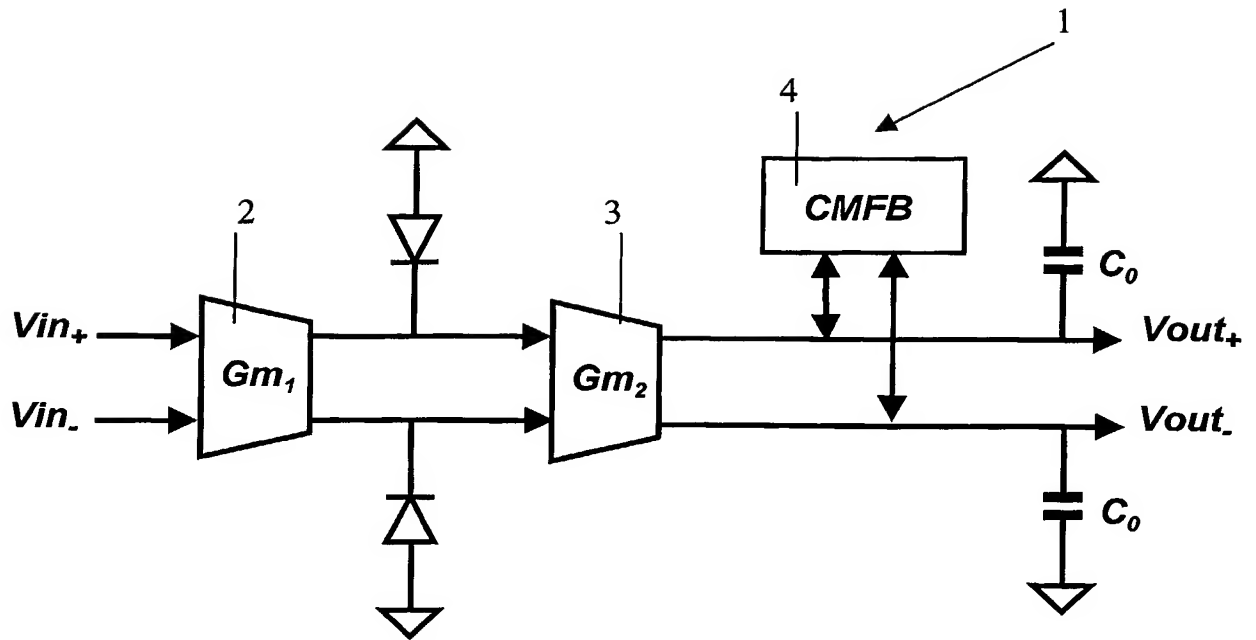
8. Rete (5) a scala di elementi LC non lineari caratterizzata dal fatto di comprendere almeno venti dispositivi (1) come da rivendicazione 1.

RIASSUNTO

L'invenzione riguarda un dispositivo circuitale (1) per realizzare una rete a scala di elementi reattivi non lineari, del tipo in cui gli elementi non lineari della rete sono coppie di componenti induttivi (L) e capacitivi (C) connesse in cascata tra una coppia di terminali d'ingresso ed una coppia di terminali d'uscita. Vantaggiosamente, secondo l'invenzione, ciascun componente (L, C) della rete è realizzato mediante un primo (2) ed un secondo integratore (3) a transconduttanza (G_{m1} , G_{m2}) collegati in cascata tra loro.

(Fig. 3)

**Fig.1****Fig.2**

**Fig.3**

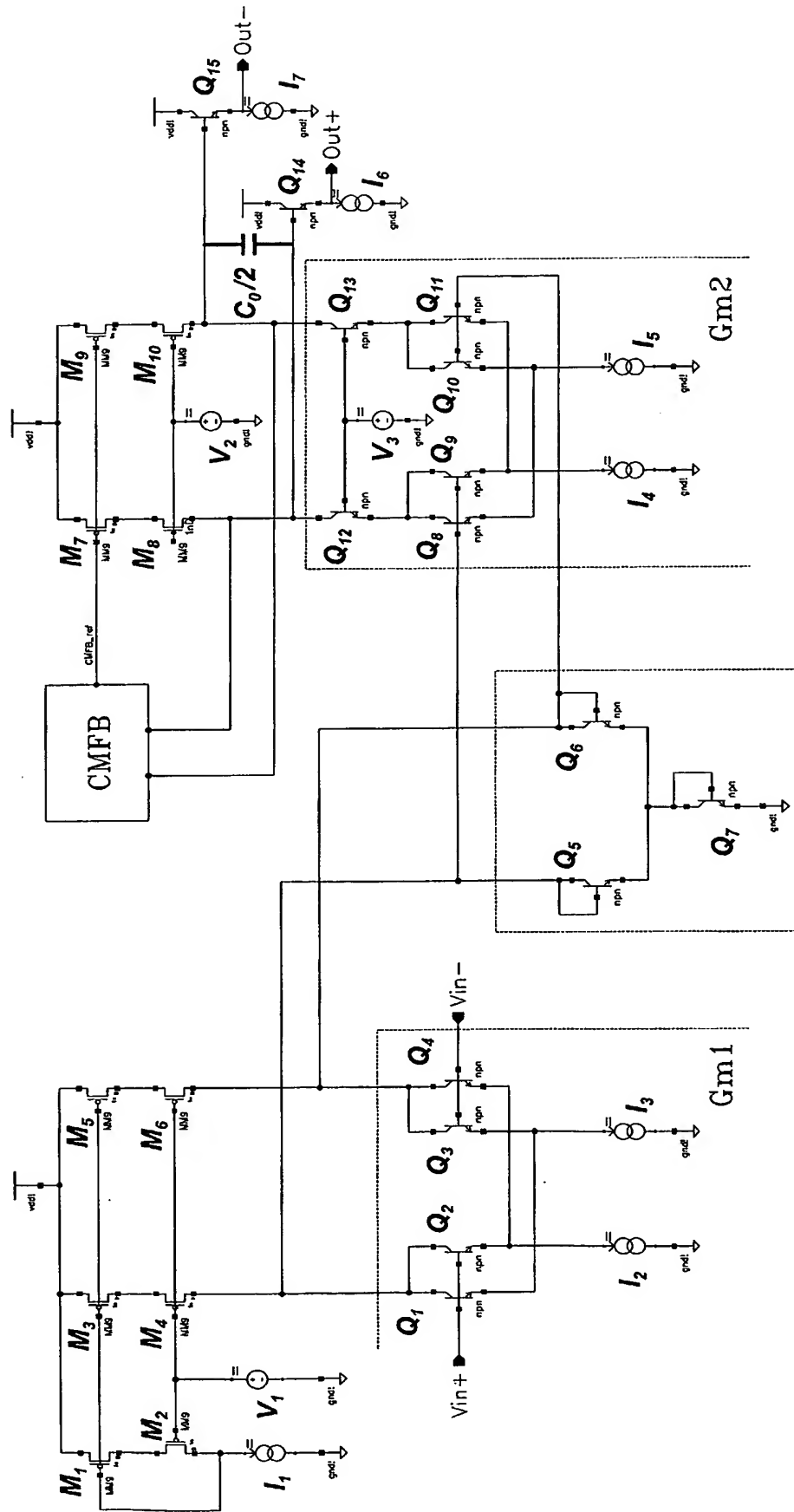


Fig.4.

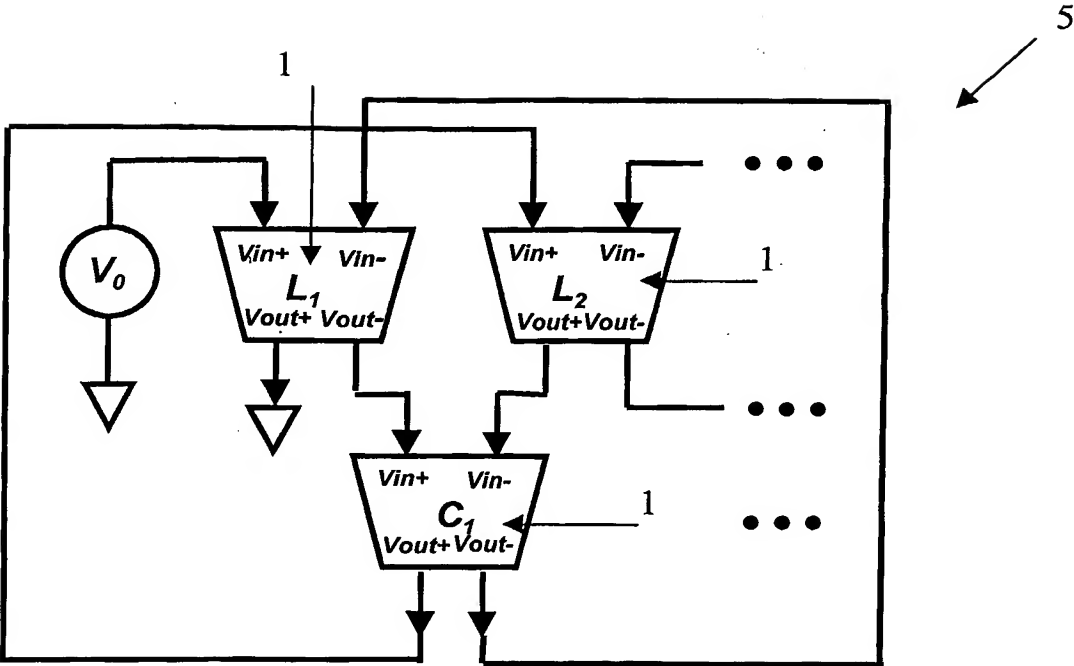


Fig.5